

XVIII Congreso Peruano de Geología

Enjambre de diques San Fernando y Peñuelas: evidencia de centros magmáticos en el Arco Jurásico medio – superior (145 – 170 Ma), en la costa Sur del Perú

Walter Ccallo[1], Alan Santos[1], Dante Soberon[1]y Daniel Torres[1]

[1] INGEMMET, Av. Canadá 1470. Apartado 889-Lima 41, Perú (Corresponde al autor. E-mail: wccallo@ingemmet.gob.pe)

1. Introducción

El área de estudio está ubicado en la costa sur del Perú, específicamente en el distrito de Marcona, departamento de Ica (Fig. 1). La zona está caracterizada por la presencia de abundantes diques máficos, los cuales denominaremos en el presente estudio como: enjambre de diques San Fernando, ubicados en la zona del Cerro San Fernando y Pampa Galgas (Fig. 2A), y enjambre de diques Peñuelas, ubicados en la zona del Cerro Peñuelas (Fig. 2B).

Los enjambres de diques máficos juegan un papel muy importante en la interpretación de la tectónica regional porque estos también se emplazan paralelos a márgenes continentales convergentes pero relacionados a zonas de rift o pueden formar enjambres radiales que surgen de una cámara magmática profunda que alimentan otros más superficiales (Chavez, 2012). Son útiles también como marcadores geológicos de la formación y reconstrucción de supercontinentes (Ernst et al., 1995). Además, son parte fundamental en el entendimiento del rifting continental y de grandes centros de emisión magmática (Chavez, 2012). Los diques son los principales conductos a través de las cuales el magma se transporta desde la profundidad a la superficie de la tierra (Petford, 1996; Rubin, 1993).

Por otro lado, las secuencias volcánicas y volcanoclásticas desarrolladas a lo largo de la costa sur del Perú, fueron definidos como Formación Río Grande de edad Jurásico medio – superior por Ruegg (1956) y Aguirre (1988), y están compuestos de lavas andesíticas, andesitas basálticas, pertenecientes a la serie calco-alcalinas ricas en potasio, datados entre 159±7 y 164±4 Ma por el método K-Ar, al noreste del Punta Caballas, en Río Grande por Aguirre, (1988) (Fig. 1).

El periodo Jurásico en el sur de Perú, está caracterizado por una tectónica extensional tipo rift de acuerdo a Benavides (1999) y Jaillard et al. (1990), asociado a fallas de rumbo (Strike Slip) en Romeuf et al. (1995).

El arco magmático del Jurásico medio – superior, se caracteriza por la generación de grandes volúmenes de flujos de lavas que se intercalan con material volcano-sedimentario (Mamani et al., 2012). Para este periodo también se han identificado rocas intrusivas compuestas por dioritas, dioritas con cuarzo y metagranodioritas.

En base a un mapeo detallado de diques, estudios petrográficos, geoquímicos y estructurales se tratará de determinar el origen de estos diques, el sistema estructural que controló el emplazamiento y la relación con las lavas y rocas volcano-sedimentarias de la Formación Río Grande. Los trabajos de campo se realizaron en el marco de la actualización del cuadrángulo de San Juan (31-m), a escala 1:50000 (Proyecto de Investigación GR18A). En el cartografiado utilizamos imágenes satelitales de alta resolución. Se cartografiaron más de 3020 diques de orientación N 20°-40°, en el cerro San Fernando. También se cartografiaron más de 1300 diques de orientación N 60°-80°, en el sector del Cerro Peñuelas.

2. Metodología para entender e interpretar el origen de enjambre de diques

Para entender e interpretar las características y distribución y emplazamiento de los enjambres de diques San Fernando y Peñuelas la metodología usada está basada en los trabajos de Ernst et al. (1995).

Ernst et al. (1995), muestran las características, distribución y la aplicación tectónica en los enjambres de

diques gigantes, pudiendo ser lineales, radiales y arqueadas. Las lineales pueden estar relacionadas a contextos de rifting. Las radiales pueden estar relacionadas a fuentes magmáticas de grandes provincias ígneas, mientras que las arqueadas reflejan variaciones tensionales durante el emplazamiento o la deformación posterior.

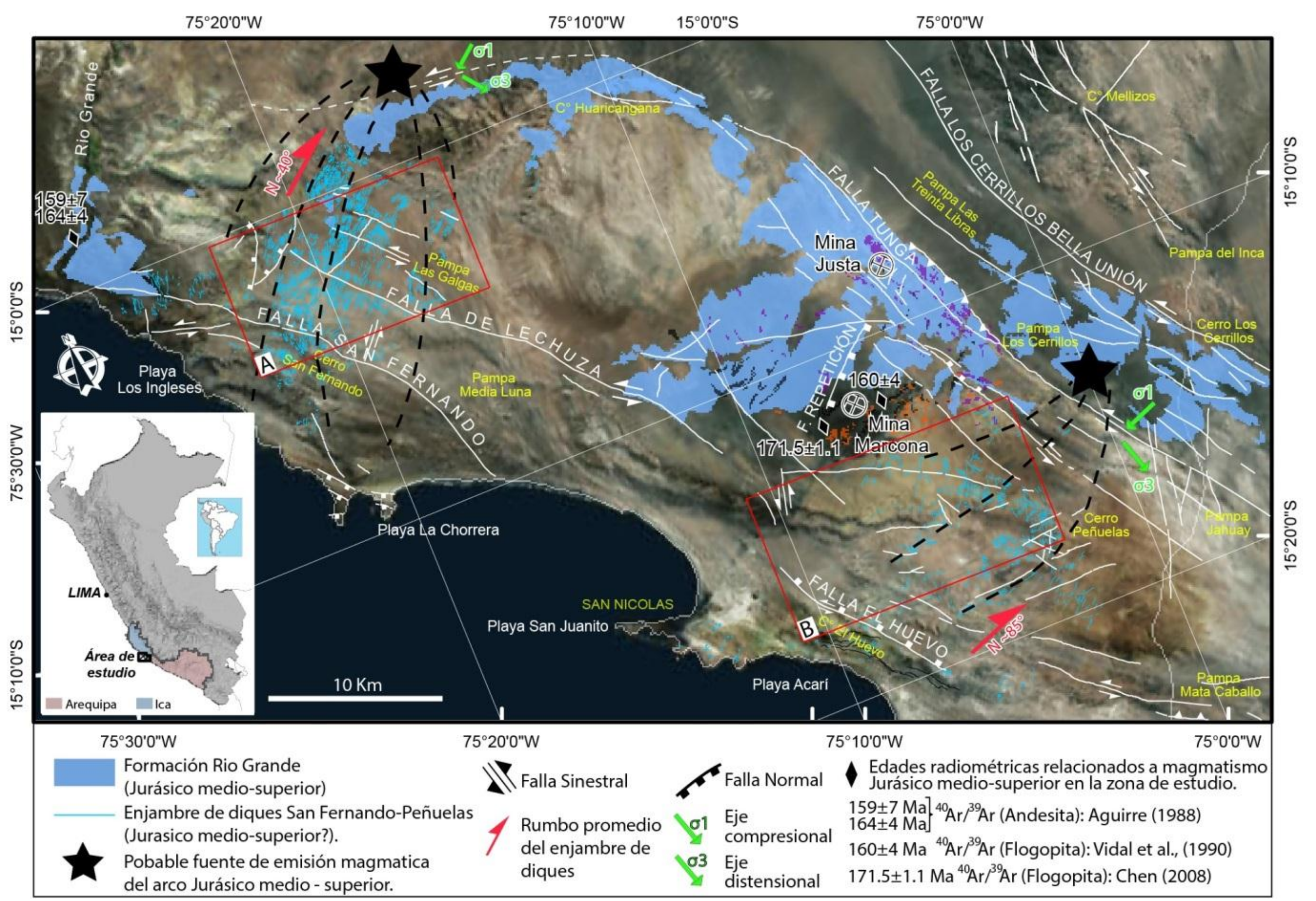


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. El recuadro A muestra el enjambre de diques San Fernando y el recuadro B muestra el enjambre de diques Peñuelas.

3. Geología

3.1. Enjambre de diques San Fernando

Este enjambre se presenta a lo largo de 20 km de longitud aproximadamente, entre Cerro San Fernando y Pampa las Galgas (Fig. 2A), se encuentra dentro de los cuadrángulos de San Juan (31-m) y Palpa (30-m). Los diques se emplazan de manera tabular cortando a los granitos-sienogranitos del Batolito de San Nicolas, con dirección preferente N 20°-30°, con buzamiento al SE en el sector del cerro San Fernando y con tendencia vertical en la zona de pampa Las Galgas. Presentan espesores que varían de centímetros hasta 20 m, en el sector de Pampa Las Galgas y Las Clavelinas. Algunos diques presentan bordes de enfriamiento, una zonación en el tamaño de grano de los cristales, cristales de grano fino hacia el borde y cristales más desarrollados hacia el centro del dique. En pampa Las Galgas se observan que los diques son cortados por fallas longitudinales N 130°-140°, como son las fallas de Lechuza, San Fernando y por otro lado estructuras N 45°.

Los diques son de composición diorita con cuarzo (Fig. 3A, 3B), de textura porfirítica hipidiomorfica, inequigranular, constituido por cristales de plagioclasa (≤0,7 mm) subhedrales, y algunas presentan intercrecimiento con cuarzo (textura mirmequítica) y están moderadamente alteradas a sericita, arcillas, epidota y cloritas. Además, presenta cristales de anfíbol (≤0,90 mm) euhedrales a subhedrales, alterados a cloritas, epidota y óxidos de hierro. Biotita (≤2 mm) subhedrales prismáticos, se hallan intensamente alterados a cloritas y epidota. Minerales opacos (0.30 mm) frecuentemente se encuentran alterados a óxidos de hierro y diseminados en la roca. Se observan también epidotas y cuarzo intersticial y se observan microfracturas rellenadas por epidota.

3.2. Enjambre de diques Peñuelas

Esta zona de enjambre de diques Peñuelas comprende 18 km de longitud aproximadamente, esto entre los cerros El Huevo, Peñuelas y Pampa Los Cerrillos. Esto dentro del cuadrángulo de San Juan (31-m). Los diques se emplazan en forma tabular cortando a los granitos-sienogranitos del Batolito de San Nicolas, mármoles de la Formación San Juan (Miembro San Fernando) y Gneis del Complejo Basal de la Costa (Fig. 2B), con dirección preferente N 60°-80°, con buzamiento al NE en el sector del cerro el Huevo y con tendencia vertical en la zona del cerro Peñuelas. Presentan espesores que varían de 0.5 a 10 m. En el corte

de carretera, al sureste del cerro el Huevo, se observan que los diques se encuentran cortados por fallas N 130°, relacionados a la falla El Huevo.

Son diques de composición diorítico (Fig. 3C), de textura porfirítica inequigranular, constituido por cristales de plagioclasas (≤0.20 mm), subhedrales de habito tabular, alteradas por carbonatos, sericita y cloritas. Piroxenos (≤1 mm), subhedrales se encuentran alterados a cloritas y minerales opacos. Anfíboles (≤1 mm) subhedrales se presentan entre los intersticios de los microcristales de la matriz, algunos con impregnaciones de óxidos de hierro. Minerales opacos (≤0.70 mm), euhedrales se presentan diseminados y en agregados reemplazando moldes de cristales. Óxidos de Fe, se encuentran como alteración de los minerales ferromagnesianos. Se observan también epidotas, carbonatos y cloritas como producto de alteración de los cristales pre-existentes.

4. Emplazamiento de enjambre de diques que evidencian posibles centros volcánicos del arco jurásico medio - superior

En base a la distribución de los enjambres de diques San Fernando y Peñuelas se considera que son radiales, que posteriormente fueron desplazados por fallas longitudinales de rumbo N 130°, siendo la falla de Lechuza y San Fernando con movimientos de tipo rumbo sinestral. Por otro lado, la falla Tunga es una de las estructuras transcurrentes sinestrales más importantes que probablemente controló el volcanismo del Jurásico medio - superior (Ccallo, 2015) y la mineralización de *Iron Oxide Cooper Gold*, en el Jurásico (Chen, 2008). Por esta razón creemos que los centros volcánicos del magmatismo Jurásico están asociados a este sistema transcurrente (ver Fig. 1). De esta manera estos centros volcánicos, actuaron como grandes fuentes de emisión magmática, originando así emplazamiento de enjambres de diques radiales hacia el centro de emisión.

La edad de los diques, está basado en dos aspectos. 1) En la relación de contacto, abundantes diques cortan a secuencias de la Formación San Juan (Precámbrico), Complejo Basal de la Costa (Meso-Paleo Proterozoico) y Batolito de San Nicolas (Silúrico-Devónico), pero no corta a la secuencia volcano-sedimentaria de la Formación Rio Grande (Jurásico medio). 2) En la confrontación geoquímica de elementos de tierras raras, las lavas de edad Jurásico medio - superior (159-164 Ma, Aguirre, 1988) y las muestras de diques de los enjambres, presentan enriquecimiento en elementos de tierras raras ligeras y empobrecimiento por debajo de 10 veces en elementos de tierras raras pesadas. Algunas muestras presentan anomalías negativas de Eu (ver Fig. 3D).

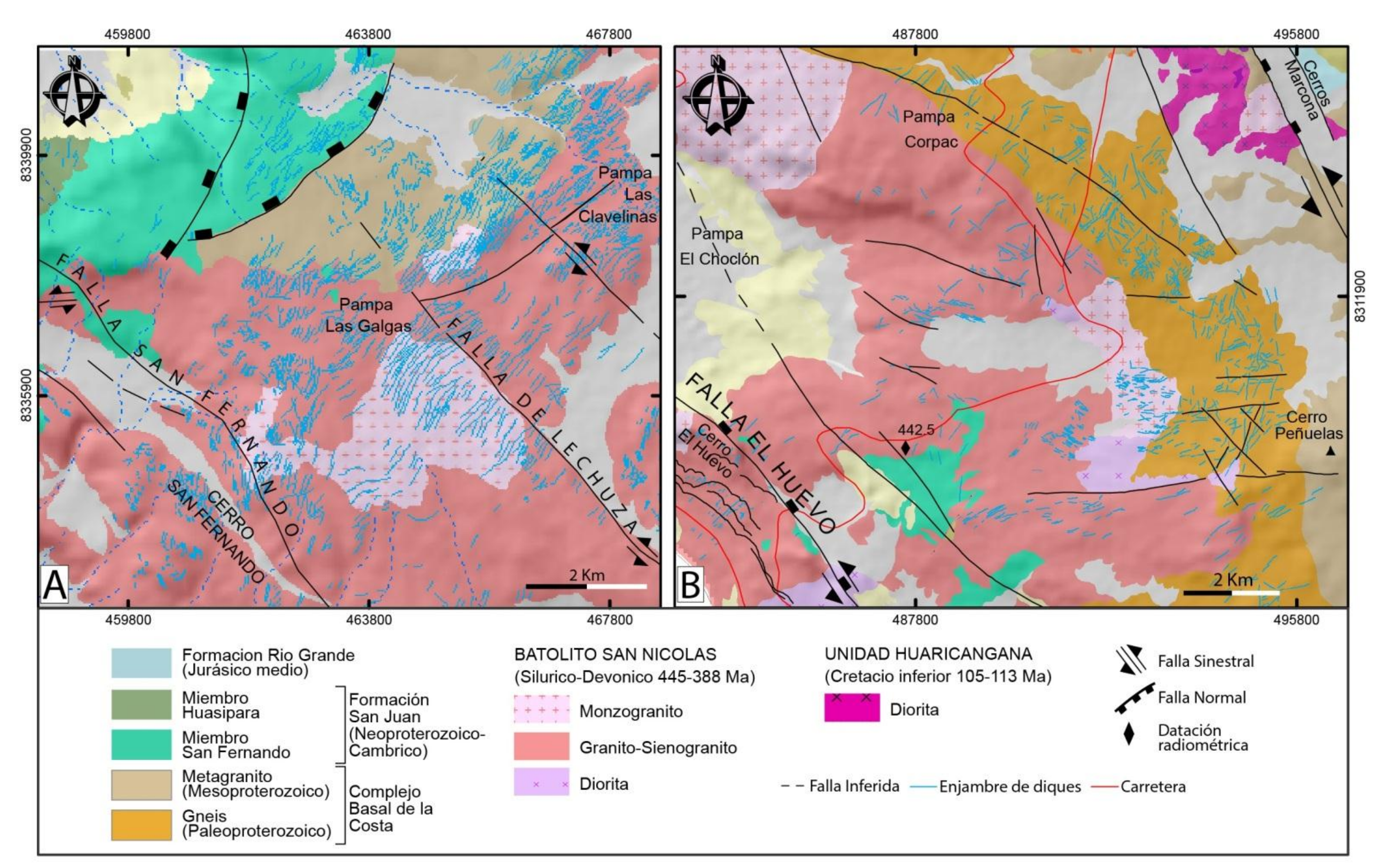


Figura 2. Muestra los siguientes mapas: A) mapa geológico del enjambre de diques San Fernando, ubicado en el extremo noroeste del cuadrángulo de San Juan (31-m). B) mapa geológico del enjambre de diques Peñuelas, ubicado al sur del cuadrángulo de San Juan (31-m).

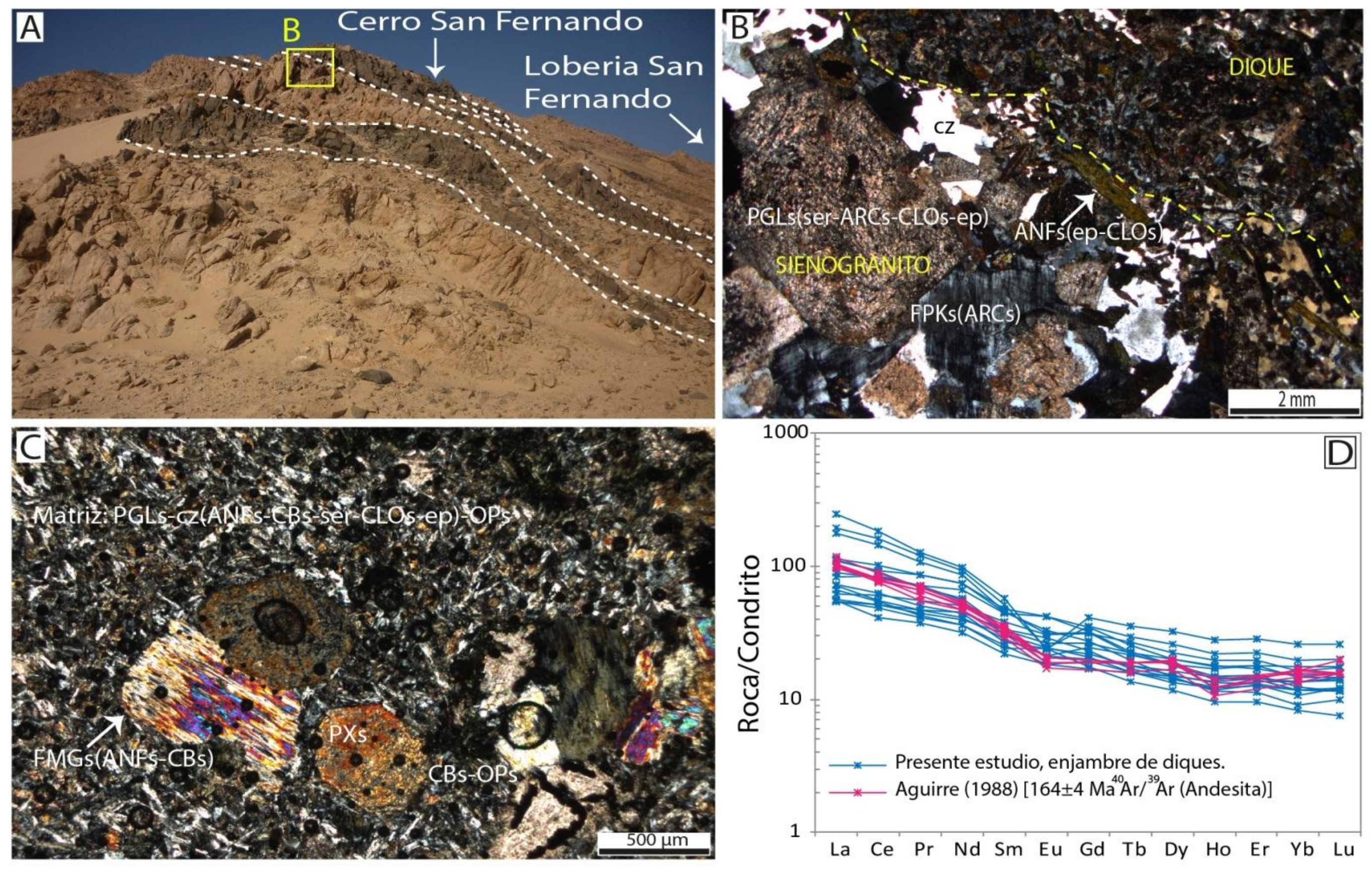


Figura 3. A) Cerro San Fernando (459764 E-8330772 N WGS84), donde se observan diques máficos de rumbo N 35°, que se encuentran cortando a granitos del Batolito de San Nicolas (BSN). B) Fotografía de uno de los diques del enjambre de San Fernando (483619 E- 8299605 N WGS84), en la cual se puede observar con líneas amarillas discontinuas el contacto entre el dique y la roca caja (BSN). C) Fotografía de una sección delgada de un dique del enjambre Peñuelas (89552 E-8295117 N; WGS84). D) Diagrama de elementos de tierras raras normalizadas al Condrito (valores de McDonough & Sun, 1995), de 16 muestras de rocas del enjambre de diques San Fernando y Peñuelas. Líneas de color magenta oscuro pertenecen a muestras de Aguirre (1988).

5. Conclusiones

Los enjambres de diques máficos San Fernando y Peñuelas, se generaron gracias a la formación de fracturas y a la actividad de grandes centros magmáticos profundos del Jurásico medio-superior, siendo ahora parte fundamental en el entendimiento de la tectónica extensional tipo *rift* del Jurásico ocurrido en el sur peruano.

La edad de los enjambre de diques, basado en la relación de contacto y la confrontación geoquímica, se observó que está claramente relacionado con magmatismo de edad Jurásico medio - superior (159-164 Ma; Aguirre, 1988). En el cual también se muestra que los diques presentan enriquecimiento en elementos de tierras raras ligeras y empobrecimiento en tierras raras pesadas, similares a las muestras de lavas andesíticas de la Formación Rio Grande, estudiados por Aguirre (1988), en el cual nos sugiere que el magmatismo de la Formación Río Grande está ligado a subducción en margen continental activo.

Determinar la ubicación de los centros magmáticos y/o volcánicos en superficie de la época Jurásico medio - superior, son de gran interés porque estarían relacionados a la génesis de yacimientos tipo *Iron Oxide Cooper Gold* (*IOCG*), asociados a sistemas transcurrentes en el sur del Perú.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), por brindarme todas las facilidades para realizar la presente investigación.

Referencias

Aguirre, L. 1988. Chemical mobility during low-grade metamorphism of a Jurassic lava flow: Río Grande Formation, Perú: Journal of South American Earth Sciences, v. 1, p. 343–361.

Benavides, V. 1999. Orogenic evolution of the Peruvian Andes: the Andean cycle, in Geology and Ore Deposits of the Central Andes: Society of Economic Geologists Special Publication, v. 7, p. 61-107.

Ccallo, 2015. Magmatismo y tectónica del Cretácico inferior y su relación con la mineralización de yacimientos de IOCG en el segmento Acarí y San Juan de Marcona, Dpto de Ica. Tesis Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 233 p.

Chavez, M. 2012. Condiciones físicas de emplazamiento del enjambre de diques de Nanchititla, sur de México: estudio mediante modelos analógicos. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Tierra (Geología Estructural y Tectónica). 137 p.

Chen, H. 2008. The Marcona-Mina Justa District, South-Central Perú: implications for the génesis and definition of the iron oxide-copper (gold) ore deposit clan, unpublished Ph.D. Thesis, Kingston, Ontario, Canada, Queen's University, 266 p.

Ernst, R.E., Buchan, K.L., Palmer, H.C. 1995. Giant dyke swarms: characteristics, distribution and geotectonic applications. Volume 119. In: Baer, G., Heimann, A. (Eds.), Physics and Chemistry of Dykes.

Jaillard, E., Soler, P., Carlier, G., Mourier, T. 1990. Geodynamic evolution of the Northern and Central Andes during early to middle Mesozoic times: a Tethyan model. J. Geol. Soc. London 147.

Mamani, M., Rodriguez, R., Acosta, H., Jaimes, F., Navarro, P., Carlotto, V. 2012. Características litológicas y geoquímicas más resaltantes de los arcos magmáticos del Perú desde el Ordovícico. Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, PE, 23-26 setiembre 2012, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2012, 5 p

McDonough, W.F., Sun, S.S. 1995. Composition of the Earth. Chemical Geology, Vol. 120, p. 223.

Petford, N. 1996. Dykes and diapirs? Transactions of the Royal Society Edinburgh, Earth Sciences, 87:105–114. p. 3.

Romeuf, N., Aguirre, L., Soler, P., Féraud, G., Jaillard, E., Ruffet, G. 1995. Middle Jurassic volcanism in the northern and central Andes. Revista Geológica de Chile, vol. 22, n. 2, pp. 245-259.

Rubin, A.M. 1995. Propagation of magma filled cracks. Annual Review of the Earth Planetary and Science, Letters, 23:287–336. p. 5.

Ruegg, W. 1956. Geologie zwischen Cañete-San Juan 13"00'-14"27 Sud-Peru. Geol. Rundsch., 45(3)r 775-856.

Vidal, C., Injoque, J., Sidder, G., Mukasa, S. 1990. Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru, Economic Geology, vol. 85, n. 7, pp. 1447-1461.